

層厚の異なる粘土層の有限要素法による粘弾塑性圧密解析

琉球大学 工学部 正 〇 原 久夫

正 上原 方成

琉球大学大学院 学 又吉 康之

1 まえがき

軟弱層の圧密沈下の問題のなかで土材料の時間依存特性が沈下時間にどのように影響するかについて検討する。圧密沈下量と時間の関係は、通常、Terzaghi の一次元圧密理論にしたがって計算される。粘土を時間依存性材料として扱くと圧密による粘土層の時間～沈下関係は、①水理学的排水条件、および②材料自体の時間依存性の二つの要因に影響される。この要因による影響の程度を調べるために①については層厚（排水距離）、②については粘土の粘性係数を変えて一次元圧密条件で沈下量を計算した。計算は有限要素法によって行った。

2 粘土の構成モデル

粘土の構成モデルは図1に示すように弾塑性要素と Voigt 要素を直列につないだ粘弾塑性モデルである。

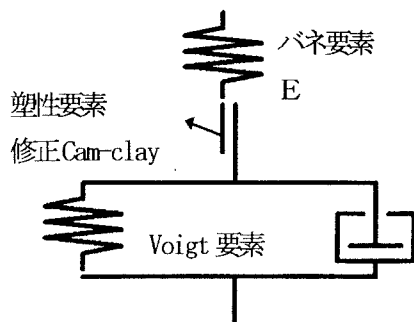


図1 粘土の構成モデル

このモデルによるひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ は塑性成分 $\dot{\epsilon}^p$ と粘弾性成分 $\dot{\epsilon}^ve$ の和で与えられ、(1)式のように表わされる。塑性成分は修正 Cam-clay モデルを使っている。このモデルについては従来からよく使われているので紙面の都合上説明は省略する。粘弾性成分は(2)式で与えられる。

$$\dot{\epsilon} = \dot{\epsilon}^p + \dot{\epsilon}^{ve} \quad (1)$$

$$\dot{\epsilon}^{ve} = E^{-1} \dot{\sigma} + \frac{\sigma_d}{2\eta_{GV}} - \frac{\epsilon_d^v}{T_{GV}} + \frac{\sigma_m}{3\eta_{KV}} - \frac{\epsilon_m^v}{T_{KV}} \quad (2)$$

ここで

E : バネ要素の弾性係数テンソル, $\dot{\sigma}$: 応力速度テンソル, σ_d : 応力テンソルの偏差テンソル, σ_m : 平均応力テンソル, η_{GV}, η_{KV} : せん断変形, 体積変形に関する粘性係数, T_{GV}, T_{KV} : せん断変形, 体積変形に関する遅延時間 ($T_{GV} = \frac{\eta_{GV}}{G_V}$, $T_{KV} = \frac{\eta_{KV}}{K_V}$;

G_V, K_V : Voigt 要素のせん断弾性係数, 体積弾性係数), $\epsilon_d^v, \epsilon_m^v$: Voigt 要素のせん断ひずみテンソル, 体積ひずみテンソル

である。

3 有限要素法の計算条件

計算で使用した粘土の材料定数は島尻粘土における実験結果¹⁾を参考に表1のように設定した。

表1 粘土の材料定数	
圧縮指数 : λ	0.14
膨潤指数 : κ	0.042
限界状態線の勾配 : M	1.25
基準間隙比 : e_N	1.2
Voigt 要素の遅延時間 (sec)	表2の値
ポアソン比 : ν	0.3
Maxwell 要素の変形量分担率 : α	0.6

圧密計算は底面を不透水とする片面排水条件の一次元圧密とし、図2に解析モデルの一例を示す。境界条件は辺AB : 排水, AC, DB : x変位拘束 : CD : x, y変位拘束である。

初期応力は K_0 条件での正規圧密状態を仮定して、 $\sigma_v = 1 \text{ kgf/cm}^2$, $\sigma_x = 0.62 \text{ kgf/cm}^2$ とした。

遅延時間は $T_v = T_{GV} = T_{KV}$ とし、層厚、 T_v を表2のように変えて計算した。

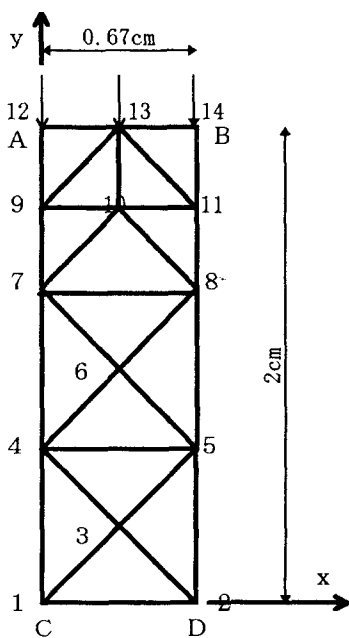


図2 要素分割例

表2 圧密沈下の計算ケース

CASE-A	H=2cm	$T_v=10^2(\text{sec})$
CASE-B	H=2cm	$T_v=10^3(\text{sec})$
CASE-C	H=2cm	$T_v=10^4(\text{sec})$
CASE-D	H=2cm	$T_v=10^5(\text{sec})$
CASE-E	H=4cm	$T_v=10^5(\text{sec})$
CASE-F	H=8cm	$T_v=10^5(\text{sec})$
CASE-G	H=16cm	$T_v=10^5(\text{sec})$
CASE-H	H=32cm	$T_v=10^5(\text{sec})$

4 結果と考察

図3に計算結果を示す。CASE-A~Dの沈下曲線を比較すると、遅延時間が大きくなる（粘性係数の増加に対応する）につれて、沈下曲線の形がTerzaghi型からそれ、二次圧密を伴う実際の沈下曲線によく似ることがわかる。これは、Voigt要素部分の圧密沈下の遅れが反映された結果であり、その遅れの程度は遅延時間に支配される。また $T_v \rightarrow 0$ とすると沈下曲線はTerzaghiの解析解と一致する。

CASE-E~Hの沈下曲線から遅延時間が一定のもとで層厚が変化した場合の沈下の様子がわかる。図から層厚の増加とともに上述した二次圧密効果がうすれ、沈下曲線の形がTerzaghi型に近づいていくことがわかる。これは層厚が大きくなり排水に時間がかかると、Voigt要素部分の変形が生じるのに要する時間もその間に確保され、包含されたためである。

5 あとがき

本文では粘土材料の時間依存特性を考慮したときに得られる一次元圧密沈下曲線について有限要素法を利用して計算してみた。粘土の粘性を考慮するといわゆる二次圧密沈下を表わすことができる。その効果は粘性係数と排水時間の組合わせによって表われ方が異なり、層厚が薄い場合にみられる二次圧密形状の沈下も、層厚が増加するにつれて全体の沈下に組み入れられ、区別できなくなる。

参考文献:1) 応力誘導異方性を有する正規圧密粘土の非排水せん断特性, 原他, 土質工学会論文報告集(Vol. 28, No2, 1988)

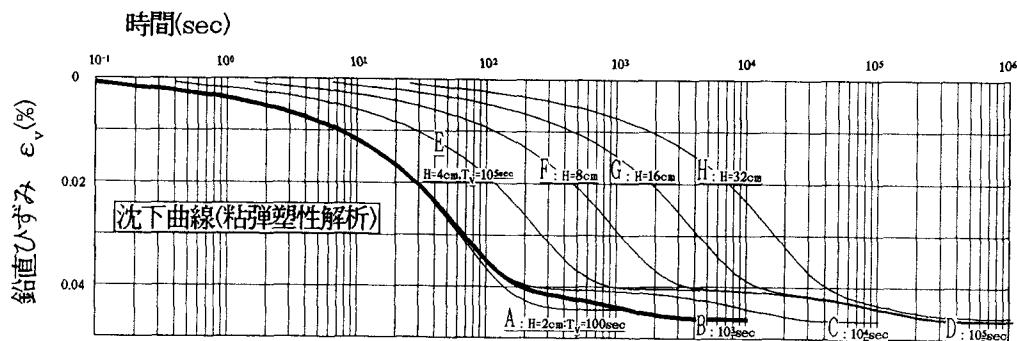


図3 層厚、遅延時間の変化と一次元圧密沈下曲線の関係(粘弾塑性解析)